

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der  
DBG, Kom. V

Titel der Tagung: Böden - eine endliche  
Ressource

Veranstalter: DBG, September 2009. Bonn  
Berichte der DBG (nicht begutachtete  
online Publikation)  
<http://www.dbges.de>

## **Mollic Vertisols und Luvic Phaeozems in Entre Ríos und Santa Fé, Argentinien** *Siegfried Stephan und Antonio A. DePetre<sup>1</sup>*

Keywords: Vertisol, Phaeozem, Argentinien,  
hydrologischer Zyklus

Wir danken der DFG für die Förderung von  
zwei Projekten, dem Landwirtschaftsminis-  
terium der Provinz Santa Fé, INTA-Station-  
en in Argentinien, den Landw. Fakultäten  
in Bonn und Paraná sowie dem DAAD.

### **1 Substrate**

Die dominanten Substrate der untersuch-  
ten, in ihren Regionen ebenfalls dominan-  
ten Böden, die klimatischen und die geo-  
morphologischen Bedingungen der Boden-  
bildung in Zentral-Argentinien sind der  
Plattentektonik zu danken. Im Mesozoikum  
haben sich über mehrere Gebiete des  
Gondwana-Landes Trappdecken ergos-  
sen. Soweit sie nicht von jüngeren Sedi-  
menten bedeckt sind, lieferten ihre Verwit-  
terungsprodukte smectitreiche Mergel, z.B.  
in Entre Ríos. Tektonisch wichtiger wurde  
der am Mittelatlantischen Rücken aufstei-  
gende Basalt, der Südamerika und Afrika  
auseinander schob. Auf der Westseite  
Südamerikas wurde pazifischer Meeresbo-  
den subduziert, die Anden schoben sich  
dabei auf, es kam und kommt zu intensi-  
vem Magmatismus, wobei saure Tephra  
weit ausgeweht werden, und hinter den  
Anden bildete sich eine Depression, die  
von Sedimenten verfüllt wurde und im  
Quartär eine Lössdecke bekam.

Die beiden wichtigsten Substrate werden  
folgendermaßen durch beispielhafte Daten  
aus zwei Bodenprofilen gekennzeichnet:

Smectitreicher Mergel, ausgespültes  
Verwitterungsmaterial der Trapp-Decke:

pH 7,2, CaCO<sub>3</sub> 1,4 %, Ton 48 %, davon

UNI Bonn und UNER Paraná; [stephan-rheinbach@t-  
online.de](mailto:stephan-rheinbach@t-online.de)

Smectit 62 %, Illit 37 % und Kaolinit 1,1 %, CEC des Bodens 45 meq/100g, COLE 0,16 (Daten Profil Yerua II, 150 cm, Cc).

Glasreicher Loess, quartäre Einwehung mit  
rhyolitischer Vulkanasche:

stark lehmiger Schluff, pH 6,8, Ton 15 %, davon Smectit <1 %, Illit 67 %, Kaolinit 3,3 %, Rest Mineraldetritus, CEC des Bodens 21 meq/100g, COLE gering (Daten Profil Esperanza FAVE, 125 cm, Cv).

### **2 Pedogenese**

2.1 Alle wichtigen Böden sind tief reichend  
humos.

Das Humusprofil des Vertisols Yerua I wurde von Stephan et al. (1983) unter-  
sucht. Insbesondere war das C-14-Alter (Libby-Daten) nur in 0 - 15 cm modern und nahm bereits in 15 - 30 cm auf 1120 und in 30 - 45 cm auf 2320 Jahre ab.

Mikroskopisch sichtbare organische Bestandteile waren in 5 - 10 cm Früchte, Sklerotien, Wurzeln (teils mit Zellulose), Kot der Fauna, Suberin u.ä. sowie dunkle Partikel <6 µm. In 25 - 60 cm fanden sich Wurzeln (teils mit Zellulose), Kot der Fauna, Suberin u.ä. sowie dunkle Partikel < 6 µm, in 85 -142 cm nur noch Suberin u.ä. sowie dunkle Partikel < 6 µm und in 150 -155 cm neben dunklen Partikeln < 6 µm nur noch Spuren von Suberin u.ä. LAMMA-Studien zeigten, dass die dunklen Partikel an einem organischen Kern unterschiedlich viel Fe und Mn sorbiert haben können.

Die Bodenbewegung durch Quellen und Schrumpfen erzeugt zwar eine tief reichende Humosität; doch nimmt der C-Gehalt nach unten schnell ab, und neben etwas Suberin u.ä. erweisen sich nur dunkle Humuspartikel als Dauerhumus. Trotz der durch Stresskutane angezeigten Bodenbewegung gelangt kaum junge organische Substanz in die Tiefe, was im Gegensatz zu früheren Konzepten, aber im Einklang mit neueren Angaben (vgl. Eswaran et al. 1996) steht.

Der Altersgradient der organischen Substanz im Phaeozem ist geringer, z.B. Profil FEBRE: C-14-Alter 0-17 cm modern, 17-42 cm 240 a, 42-60 cm 440 a, 80-100 cm

2180 a. In beiden Fällen sind die begleitenden staunassen Böden im Unterboden humos, oben nassgebleicht.

## 2.2 Mollic Vertisol (Beispiel-Profil Yerua II)

Die Vertisols haben sich in Entre Ríos aus smectitreichem Hernandarias-Mergel in einem Hügelland mit ziemlich dichtem Gewässernetz unter parkartiger Vegetation entwickelt. Das Feuchteregime ist relativ ausgeglichen mit langen Trockenphasen. Wir betrachten die Verhältnisse unter der verbreiteten und angemessenen Nutzung als Rinderweide mit Wald/Gebüsch-Inseln. Unter diesen Bedingungen finden sich i.a. die eigentlichen Vertisol-Profile zwischen wenigen dm hohen, ca. 6 m entfernten, schwach vom Solum bedeckte Mergel-Wällen in einem linearen Gilgai-Relief (Abb.1). Der Oberboden ist ein Mollic Epi-pedon, denn ein Wurzelfilz verhindert Zerteilung in feine Splitter, Aufreißen bis oben und tiefreichende Vermengung. Man findet jedoch im oberen Unterboden geneigte Polygone mit rautenförmigem Querschnitt) und Slickensides (Glanzflächen, mikroskopisch Stresskutane). Im trockenen Zustand sind senkrechte Risse im oberen Bodenteil präsent, erreichen aber die Zone der Slickensides nur in besonders trockenen Jahren.

In der Trockenphase sind die Gilgai-Kämme im Bereich der Yerua-Profile als helle

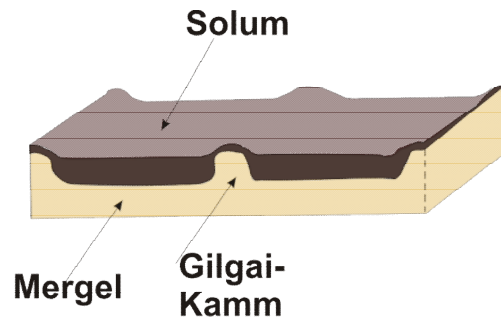


Abb.1: Lineares Gilgai-Relief

Der lineare Ausdehnungs-Koeffizient COLE beträgt hier 0,15, doch da das Material seitlich nicht ausweichen kann, muss auch die Ausdehnung in den beiden seitlichen Dimensionen nach oben wirken. Die Profilerhöhung reduziert sich um die sich schließenden Trockenrisse. Mit einer Solum-Erhöhung um den Faktor 0,3 bei Befeuchtung wird man diesen Verhältnissen wohl etwa gerecht. Bei im Trocknen 0,3 m Höhenunterschied, Solum-Mächtigkeit 1,4 m zwischen den Kämmen und 0,2 m auf den Gilgai-Kämmen ergibt sich für die Feuchtphase zwischen den Kämmen 0,42 m und auf den Gilgai-Kämmen 0,36 m. In diesem Falle liegen die Kämmen 6 cm unter der sonstigen Fläche und **Abfluss (und Erosion) erfolgen längs der Gilgai-Kämme**. Beim Austrocknen sinkt das Solum zwischen den Kämmen wieder zurück, die Kämmen trocknen schnell aus, und hier gibt es keine nennenswerte Bodenbildung, während auf den feuchten

Tab.1: Daten zum Profil YERUA II

Tiefe cm	Horizont	pH	CaCO <sub>3</sub> %	C <sub>org</sub> %	Mikroskopie (vgl. Abb.2)			
					locker /dicht	Sress- kutane	Ton- beläge	Fe-Mn- Konzentr.
0-13	Ah	6,1	0	2,7	ll	0	1	2
13-40	BvAh1	6,3	0	2,4	ld	2	1	2
40-80	BvAh2	6,5	0,5	2,4	ld	2	1	2
80-100	AhBvc1	7,2	5,8	1,3	d	1	1	3
100-140	AhBvc2	7,2	5,7	0,8	d	3	1	2
140-150	mCc	7,2	1,4	0,3	dd	3	2	2

von 0 = Spuren bis 3 = viel

Striche auf dem Luftbild sichtbar, denn sie tragen eine spärliche Trockenvegetation. Sie sind zu den Gerinnen gerichtet (De Petre und Stephan 1998). Während der Feuchtphase konnten wir sie weder begehen noch beproben.

Flächen zwischen den Kämmen die Bodenbildung noch eine Zeit lang möglich ist. Dieser Unterschied der Bodenbildung gilt natürlich erst recht, wenn die Gilgai-Kämme ständig höher stehen bleiben.

Beim Profil YERUA II ist die Körnung im gesamten Solum: <2 µm 44-52 %, 2-20 µm 25-28 %, 20-50 µm 10-18 %, >50 µm 9-15 %; COLE 0,14-0,16; CEC 40-48 meq/100g. Weitere Daten s. oben, Tab.1.

Sie leiten sich von Vertisols ab: Intensive Vertisol-Horizont bildet die Stausohle, der im Trocknen durch einen deutlichen Riss abgegrenzte Oberboden ist durch Ferrolyse hell, starr und extrem arm an Smectit

**Tab. 2:** Daten zum Profil Esperanza FAVE

Tiefe cm	Horizont	Ton %	C <sub>org</sub> %	pH	CEC meq/100g	Illit %Boden	Mikroskopie (vgl. Abb.2) Verwitt. Tonkutane	
0-13	Ap1	19	1,3	5,7	0	n.b.	3	0
13-31	Ap2	25	0,9	5,6	16	19	3	0
31-39	Ah	26	0,8	5,8	16	17	3	0
39-60	AhBtv	<b>49</b>	0,6	5,8	29	40	<b>4</b>	1
60-94	Btv	<b>49</b>	0,4	6,0	27	41	3	1
94-100	Bvt	27	0,2	6,5	25	20	3	<b>3</b>
100-125	Bv	20	0,2	6,5	23	13	2	1
125-140	ICv	15	0,2	6,8	21	10	2	0

### 2.3 Luvic Phaeozem (Beispiel-Profil Esperanza FAVE)

Die Luvic Phaeozems sind tiefreichend humos und haben unter einem Mollic Epi pedon einen tonreichen, dichten Unterboden. Die Initialverwitterung war bei hinreichender Feuchtigkeit schnell und tiefgreifend, aus rhyolitischen Glas wurden viel Si sowie Alkali- und Erdalkali-Ionen freigesetzt. Der hohe Tongehalt des Unterbodens (AhBtv) hat mehrere Ursachen: Das ausgeglichene Bodenklima im Unterboden erlaubt ununterbrochene Verwitterung; eine Durchwaschung von Feinton findet zwar statt, ist aber nicht besonders stark; diskutiert wird die Bedeutung der Schichtung, d.h., eines primär tonärmeren Oberbodens, dem aber das Absinken des Tongehaltes nach unten entgegensteht. Tab. 2 gibt einige Daten.

Die Ökologie des Luvic Phaeozems zeigt einen ausgeprägten hydrologischen Zyklus. In der Feuchtphase ist der Oberboden der Hauptlebensraum, in der Trockenphase der Bv-Horizont, während der mächtige AhBtv und Btv eine schwer durchwanderbare Barriere darstellen, die die Besiedlung des Bodens einschränkt.

### 2.4. Begleitende staunasse Böden

In Entre Ríos, im Land zwischen den Strömen Paraná und Uruguay ist das Relief jung, holozän; aber auf alten Rumpfflächen finden sich ausgeprägte Planosols.

und Nährelementen.

Westlich des Paraná-Tales gibt es Gebiete mit behinderter oder fehlender Entwässerung in allen Größenordnungen. Sie tragen teils Planosols, die sich von Luvic Phaeozems ableiten, teils aber zeigen sie Versalzung oder sind Sodaböden. Nach W zunehmende Trockenheit, Verdunstung, salzhaltiges Grundwasser und die Salzfracht des Río Salado spielen da eine wechselnde Rolle.

## **3 Bodengefährdung**

Erosion und ihre Erforschung sind in Argentinien wegen zunehmender Bodenschäden ein wichtiges Thema. Im Untersuchungsgebiet werden die Schäden überwiegend durch das fließende Wasser hervorgerufen. Auf dem Hintergrund der natürlichen Bedingungen, vor allem des hier vorgestellten kritischen Bodenaufbaus, ist es die nicht entsprechende Nutzung, die über die Bodendegradierung bereits zu einer erheblichen Verminderung der Erträge geführt hat (Casas et al. 2000).

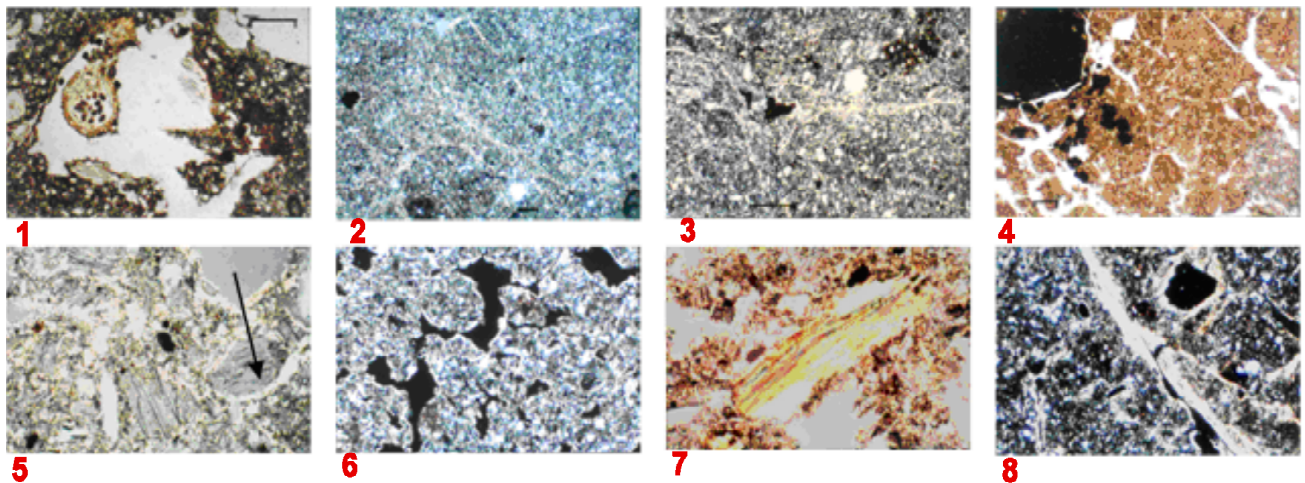
Bei den **Vertisols** mit linearem Gilgai-Relief (s. 2.2) steuert die zyklische Reliefumkehr die Bodenerosion. Sie werden weitgehend als Rinderweide genutzt. Der Bodenabtrag wächst, wenn der Viehbesatz erhöht wird, die Gilgai-Kämme eingeebnet werden und überhaupt unter Ackerbau. Ist das Solum bis auf den rohen Mergel abgespült, handelt es sich um finalen Bodenab-

trag, denn die Bodenbildung erfolgt danach nur sehr zögernd. Als alternative Nutzung wird eine Kombination von Beweidung und Forstnutzung erprobt. Wegen ihrer außerordentlichen Fruchtbarkeit werden die Vertisols in diesem relativ ausgeglichenen Klima auch der mechanisierten Landwirtschaft unterworfen; doch die Erträge sind meist gering wegen der problematischen physikalischen Eigenschaften und einem gewissen Phosphat-Defizit.

Beim stark entwickelten **Luvic Phaeozem** verschwinden mit der Erosion des Oberbodens dort die Lebensbedingungen, und es können nur noch Tiefwurzler angebaut werden. Die notwendige Pflege des tiefen Unterbodens ist aber nicht möglich, zumal die zunächst eingesetzte Luzerne wegen fortgeschrittener Entkalkung inzwischen versagt.

## Literatur

- Casas, R., Endlicher, W., Michelena, R., Naumann, M. (2000): Prozesse der Bodendegradation in der argentinischen Pampa. - *Die Erde* 131, 45-60.
- De Petre, A.A., Stephan, S. (1998): Características pedológicas y agronómicas de los Vertisoles de Entre Ríos, Argentina. - Paraná, UNER Fac. Ci. Agropec., 65 S.
- Eswaran, H., Beinroth, F.H., Reiche, P.F., Quandt, L.A. (1996): Vertisols. Their properties, classification, distribution and management. - The Guy D. Smith Memorial Slide Collection. USDA Nat.Res.Conserv.Service. CD
- Stephan, S., Berrier, J., De Petre, A.A., Jeanson, C., Kooistra, M.J., Scharpenseel, C., Schiffmann, H. (1983): Characterization of in situ organic matter constituents in Vertisols from Argentina, using submicroscopic and cytochemical methods. First report. - *Geoderma* 30, 21-34.



**Abb. 2:** Mikromorphologie

Oben Vertisol Yerua: (1) Besiedelter Ah-Horizont; (2) Mosaik aus Kotgefüge (schwach gekreuzte Polarisatoren); (3) Stresskutane (gekreuzte Pol.); (4) Fe-Mn-Konkretion (o.l.) und Kalkkonkretion (u.r.).

Unten Phaeozem Esperanza: (5) Saures Vulkanglas (Phasenkontrast); (6) biogenes Gefüge (gekreuzte Pol.); (7) Übergang Biotit zu Illit (schwach gekreuzte Pol.); (8) eingeschwemmter Fließton (gekreuzte Pol.).